

(19) Japanese Patent Office (JP)

(12) Patent Publication (B2)

(11) Disclosure number:

Patent No. 3076465

(45) Date of issuance: August 14, 2000

(24) Date of registration: June 9, 2000

(51) Int. Cl.<sup>7</sup> ID symbol  
 G02B 26/10 101  
 26/08

FI  
 G02B 26/10 101  
 26/08 E

Number of claims: 14 (Total 12 pages)

(21) Application number: H4-312402 [1992]

(22) Filing date: November 20, 1992

(65) Disclosure number: H6-160750 [1994]

(43) Publication date: June 7, 1994

Examination request date: September 28, 1998

(73) Patentee: 000001007

Canon Inc.

3-30-2 Shimo Maruko, Ota-ku, Tokyo

(72) Inventor: Hiroshi Hirai

in Canon Inc.

3-30-2 Shimo Maruko, Ota-ku, Tokyo

(72) Inventor: Takayuki Yagi

in Canon Inc.

3-30-2 Shimo Maruko, Ota-ku, Tokyo

(72) Inventor: Kazuo Isaka

in Canon Inc.

3-30-2 Shimo Maruko, Ota-ku, Tokyo

(74) Agent: 100088328

Nobuyuki Kaneda, patent attorney

(and 2 others)

Examiner: Katsuhisa Segawa

continued on last page

(54) Microactuator and optical polarizer

(57) [Claims]

[Claim 1] Being a microactuator that has a drive unit that consists of a fixed electrode and a movable electrode, at least two driven units whose end is connected by a fixedly supported joint, and a joint that connects said drive unit and said driven unit, and in which said driven unit repeatedly performs bending operations by said joint part,

a microactuator that is characterized in that said drive unit drives said driven unit by the electrostatic force that arises by a voltage being impressed between said fixed electrode and said movable electrode, and in said driven unit, the direction of the force that is generated by said drive unit and the direction of the displacement of said driven unit are different.

[Claim 2] A microactuator as described in claim 1 that is characterized in that said drive unit and driven unit are integrated within the same substrate.

[Claim 3] A microactuator as described in claim 2 that is characterized in that the direction of the force that is generated by said drive unit is a parallel displacement in the substrate plane.

[Claim 4] A microactuator as described in claim 2 that is characterized in that the direction of the force that is generated by said drive unit is a rotation direction within the substrate plane.

[Claim 5] A microactuator as described in claim 1 that is characterized in that said joint consists of a metal thin film.

[Claim 6] A microactuator as described in claim 1 that is characterized in that said joint consists of a polymer film.

[Claim 7] A microac [page ends in mid-word] as described in claim 1 that is characterized in that said joint consists of a ceramic thin film

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3076465号

(P3076465)

(45) 発行日 平成12年 8 月14日 (2000. 8. 14)

(24) 登録日 平成12年 6 月 9 日 (2000. 6. 9)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

G 0 2 B 26/10

1 0 1

G 0 2 B 26/10

1 0 1

26/08

26/08

E

請求項の数14(全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平4-312402

(22) 出願日 平成 4 年11月20日 (1992. 11. 20)

(65) 公開番号 特開平6-160750

(43) 公開日 平成 6 年 6 月 7 日 (1994. 6. 7)

審査請求日 平成10年 9 月28日 (1998. 9. 28)

(73) 特許権者 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子 3 丁目30番 2 号

(72) 発明者 平井 裕

東京都大田区下丸子 3 丁目30番 2 号 キ

ヤノン株式会社内

(72) 発明者 八木 隆行

東京都大田区下丸子 3 丁目30番 2 号 キ

ヤノン株式会社内

(72) 発明者 井阪 和夫

東京都大田区下丸子 3 丁目30番 2 号 キ

ヤノン株式会社内

(74) 代理人 100088328

弁理士 金田 暢之 (外 2 名)

審査官 瀬川 勝久

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マイクロアクチュエータおよび光偏向器

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 固定電極および可動電極からなる駆動部と、一端が固定支持されたジョイントで接続された少なくとも 2 個の被駆動部と、前記駆動部および前記被駆動部を接続するジョイントとを有し、前記被駆動部が前記ジョイントの部分で繰り返し折れ曲がり動作をするマイクロアクチュエータであって、

前記駆動部は、前記固定電極と前記可動電極との間に電圧が印加されることにより発生する静電力により前記被駆動部を駆動するものであり、

前記被駆動部は、前記駆動部で発生される力の方向と、当該被駆動部の変位の方向とが異なるものであることを特徴とするマイクロアクチュエータ。

【請求項 2】 前記駆動部および被駆動部が同一基板内に集積されていることを特徴とする請求項 1 記載のマイ

2

クロアクチュエータ。

【請求項 3】 前記駆動部で発生する力の方向が、基板面に平行変位であることを特徴とする請求項 2 記載のマイクロアクチュエータ。

【請求項 4】 前記駆動部で発生する力の方向が、基板面内回転方向であることを特徴とする請求項 2 記載のマイクロアクチュエータ。

【請求項 5】 前記ジョイントは、金属薄膜によって成ることを特徴とする請求項 1 記載のマイクロアクチュエータ。

【請求項 6】 前記ジョイントは、高分子膜によって成ることを特徴とする請求項 1 記載のマイクロアクチュエータ。

【請求項 7】 前記ジョイントは、セラミック薄膜によって成ることを特徴とする請求項 1 記載のマイクロアク

10

チュエータ。

【請求項8】 前記ジョイントは、超弾性薄膜によって成ることを特徴とする請求項1記載のマイクロアクチュエータ。

【請求項9】 請求項1記載のマイクロアクチュエータを有し、該マイクロアクチュエータの被駆動部の少なくとも1箇所反射面を備え、この反射面に照射した光を走査させることを特徴とする光偏向器。

【請求項10】 前記反射面は、金属膜によって成ることを特徴とする請求項9記載の光偏向器。

【請求項11】 前記反射面は、金属蒸着膜によって成ることを特徴とする請求項10記載の光偏向器。

【請求項12】 前記反射面は、金属メッキ膜によって成ることを特徴とする請求項10記載の光偏向器。

【請求項13】 前記反射面は、単結晶金属薄膜によって成ることを特徴とする請求項10記載の光偏向器。

【請求項14】 前記反射面は、液相成長単結晶金属薄膜によって成ることを特徴とする請求項13記載の光偏向器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は極めて小型のアクチュエータおよびこれを用いた光偏向器に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、主として使われている光偏向器や光走査装置には、結晶の超音波による歪を利用した音響光学式のものや、結晶の電場による屈折率変化を利用した電気式のもの、あるいは振動平面鏡（いわゆるガルバノミラー）や回転多面体（いわゆるポリゴンミラー）等を利用した機械式のもの等がある。中でも、機械式光偏向器は光の波長によらず等角度偏向が行えるため、多重波長光源を使用光源にする場合や、波長変動等がある場合非常に有用になる。これらは、安定した回転速度や高精度の偏向角を得るために、回転軸を重くしたりロータに大型の電磁石を用いたりしている。

【0003】 一方、フォトリソグラフィ技術を用いて、極めて小型のアクチュエータを作製することが検討されている。典型的な微小機械として、マイクロモータ（M. Mehregany et al., "Operation of microfabricated harmonic and ordinary side-drive motors", Proceedings IEEE Micro Electro Mechanical Systems Workshop 1990 pl-8）や、平板上で静電力により駆動するくし型構造のリニアマイクロアクチュエータ（W. Tang et al., "Laterally driven polysilicon resonant microstructures", Sensors and Actuators 20(1989) p25-32）等が考案されている。これら、微小機械を用いればアレイ化、低コスト化が容易であり、高精度化が可能となる。

【0004】 機械式光学素子としても、いくつか提案されており、このうち光偏向器として、両持ち梁用で光学効率の向上やたわみ安定性を考慮した空間光偏向器（ラ

リー・ジェイ・ホーンベック、特開平2-8812号公報）が知られている。

【0005】 図18はこの空間光偏向器の一面素の一部断面とした斜視図である。図18において、画素はモノリシックなシリコンをベースとして、たわみ可能な2つの梁により反射面を有する構成となっている。即ちシリコン基板91上に絶縁層93を介して絶縁スペーサ94、金属丁番層95および金属梁層96が積層されている。つまり金属丁番層95と同層の可撓梁97および可撓梁971、金属梁層96と同層の反射面98、および反射面98の下に空隙を介して反射面98の角度を変えるための駆動用固定電極99、固定電極991、固定電極992から成っている。例えば固定電極991に電圧を印加すると、反射面98と固定電極991の間に静電気力が発生して可撓梁97、971がふれてたわみ角が生じ、反射面98に入射した光はたわみ角の量に応じた反射角を得て偏向される。このような光偏向器は光を1方向の軸のみに偏向する構成であり、シリコン基板92をベースとしたシリコンプロセスによって製造し得る。従って、比較的低コストに製作することができ、シリコン基板92上に2次元配置してアレイ化することによって静電印刷等のプリンタや投影型のディスプレイ等に適用することも考えられている。

【0006】 図19は従来の光走査装置の構成を示す概略図である。図19において、レーザ光源803により発せられた光は振動平面鏡801によって走査される。そして振動平面鏡801からの光はレンズ804によって集光され、輝点はスクリーン805上で図示矢印方向に移動して、スキャンが行われる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 従来の光偏向器の構造では、力を受ける部分と光を反射する部分と同じ場所のため、回転等の外乱の力を受け易い。同様に力を受ける部分と反射面が同じため、角度の精密制御が困難である。また、入射方向と反射方向が固定で自由度がない。さらには、反射面が可動金属電極の一部となっているため、捻れ、あるいは使用環境による金属疲労等の経時変化で偏向角が変化してしまう恐れがある。

【0008】 同様に、従来の光走査装置では振動平面鏡または回転多面鏡の寸法が比較的大きいため、装置が大型化してしまうという欠点がある。また、正確な走査を行うためには各素子を厳密な位置関係で配置しなくてはならず、装置を組み上げる際の光学調整が非常に煩雑である。

【0009】 本発明の目的は、上述の問題点を解決するため、マイクロモータやリニアマイクロアクチュエータを用いて、新規なマイクロアクチュエータを提供し、角度の精密制御可能な信頼性の高い光偏向器を提供することにある。

【0010】

## 【0011】

【課題を解決するための手段】本発明のマイクロアクチュエータは、固定電極および可動電極からなる駆動部と、一端が固定支持されたジョイントで接続された少なくとも2個の被駆動部と、前記駆動部および前記被駆動部を接続するジョイントとを有し、前記被駆動部が前記ジョイントの部分で繰り返し折れ曲がり動作をするマイクロアクチュエータであって、前記駆動部は、前記固定電極と前記可動電極との間に電圧が印加されることにより発生する静電力により前記被駆動部を駆動するものであり、前記被駆動部は、前記駆動部で発生される力の方向と、当該被駆動部の変位の方向とが異なるものであることを特徴とする。

【0012】本発明のマイクロアクチュエータには、前記駆動部および被駆動部が同一基板内に集積されているものがある。

【0013】本発明のマイクロアクチュエータには、前記駆動部で発生する力の方向が、基板面に平行変位であるものや、前記駆動部で発生する力の方向が、基板面内回転方向であるものがある。

【0014】前記ジョイントには、金属薄膜によって成るもの、高分子膜によって成るもの、セラミック薄膜によって成るもの、超弾性薄膜によって成るものがある。

【0015】本発明の光偏向器は、本発明のマイクロアクチュエータを有し、該マイクロアクチュエータの被駆動部の少なくとも1箇所に反射面を備え、この反射面に照射した光を走査させることを特徴とする。

【0016】前記反射面には、金属膜によって成るもの、金属蒸着膜によって成るもの、金属メッキ膜によって成るもの、単結晶金属薄膜によって成るもの、液相成長単結晶金属薄膜によって成るものがある。

## 【0017】

## 【0018】

## 【0019】

## 【0020】

## 【0021】

【作用】上述の構成の光偏向器は、ジョイントを用いて固定電極、可動電極、被可動部を接続することにより、駆動の力を受ける部分と、反射面を分離し、反射面の変位方向が一義的に決まり、かつ入射方向と出射方向が自由に選べる構成で、固定電極と可動電極の間に電圧を印加することにより発生する静電力により、反射面を設けである被駆動部を駆動し、光偏向を行う。

【0022】また、本発明のアクチュエータは、薄膜材料・構造を用いて作製されることが好ましい。一般的には、アクチュエータの形態としてはカンチレバー（片持ち梁）、両持ち梁、メンブレン、ヒンジ、モータ、などさまざまな形態が考えられる。それぞれのアクチュエータの駆動方法としては、圧電効果を利用したパイモルフ

やユニモルフ、対抗電極を用いた静電駆動、熱を利用するバイメタル・形状記憶合金、電場などにより体積変化を利用するもの、気体の圧力により変位するもの、などがある。中でも対抗電極を用いた静電駆動は、薄膜形状のカンチレバ型の光導波路を変位させ、光を偏向させて用いる場合には余力を必要としない点で有利である。

## 【0023】

【実施例】次に、本発明の実施例について図面を参照して説明する。

10 【0024】図1は本発明の第1の実施例のアクチュエータ10を表す斜視図である。固定電極11、支持板16、および支持梁13、13<sub>1</sub>はSiからなる同一基板（不図示）上に固定されている。可動電極12、被駆動部14、15、支持板16は、ジョイント19、18、17を介して接続されている。

【0025】本実施例の固定電極11と可動電極12は、マイクロメカニクス技術により作製される前述のくし型のリニアマイクロアクチュエータとした。

20 【0026】本実施例のアクチュエータ10の動作を図2を用いて説明する。固定電極と可動電極12の間に電圧を印加することにより、可動電極12は、静電引力により基板と平行に繰り返し平行動作をする（図2（a）矢印B方向）。これにともない、被駆動部14、15もジョイント部分で繰り返し折れ曲がり動作を行い（図2（b）矢印C方向）、基板に平行に発生した力を基板に垂直の方向に転換する。

30 【0027】図3は本発明の第1の実施例のアクチュエータ10を用いた光偏向器86の斜視図である。図1に示したアクチュエータ10の被駆動部14に反射板31を備えている。入射光32に対し、印加電圧による可動電極12の変位の違いで被駆動部14の角度が変化し、走査角度 $\theta$ の範囲で出射光33が走査される構成になっている。

40 【0028】このように構成された光偏向器86は、駆動部と反射面が分離されているため、反射面の力を受ける方向が一義的に決定し、回転等の外乱効果を受けない。また、同じ理由により、角度の精密制御も容易になる。さらには、電圧印加による角度制御にジョイントが寄与していないため、ジョイント材を自由に選ぶことができ、ばね定数が十分小さく耐久性に優れた高分子膜等の絶縁物を利用できる。

50 【0029】次に本発明のアクチュエータおよび光偏向器の作製工程の1例を図4を用いて略説明する。図4は図1のA-A線断面図である。シリコンからなる基板41にリンをイオン注入した後、絶縁層として熱酸化膜42を5000Å形成し、さらにこの上に減圧CVD（LPCVD）によりシリコン窒化膜43を1500Å作製する。この絶縁層の一部を、フォトリソグラフィとエッチングによりパターニングしてコンタクトホール44を形成する（図4（a））。エッチングはCF<sub>4</sub>を反応ガ

スとして用い、ドライエッチングを行ったが、パッファ  
 かつ酸等によるウェットエッチングでもかまわない。次  
 いで、第1リンドーピングポリシリコン層をLPCVD  
 により3000Å作製した後、パターニングにより電気  
 シールド部45を形成した(図4(b))。ただし、リ  
 ンはポリシリコン形成後、イオン注入法によって注入し  
 てもかまわない。真空スパッタリング法により犠牲層シ  
 リコン酸化膜46を形成(図4(c))、パターニング  
 した後、リンドーピングポリシリコン膜47をLPCV  
 Dにより2μm作製する。リンを、イオン注入法によ  
 10 て注入してもかまわないのは言うまでもない。リンド  
 ーピングポリシリコン膜47をパターニングして固定電  
 極、駆動部、被駆動部、支持板、ジョイントを形成する  
 (図4(d))。ここではジョイントとしてポリシリ  
 コンを用いたが、もちろん、バネ定数が十分小さいもので  
 あれば、他の金属膜を成膜したり、高分子膜を形成して  
 も良い。ふっ酸水溶液により、犠牲層シリコン酸化膜を  
 除去することにより図1に示すマイクロアクチュエータ  
 10を形成する(図4(e))。また、犠牲層を除去す  
 る前に、被駆動部の一部に金属蒸着膜48を成膜し、パ  
 ターニングして反射面を形成することにより、図3に示  
 す光偏向器86を作製する(図4(f))。

【0030】このようにして作製したマイクロアクチュ  
 エータおよび光偏向器は、小型かつ軽量にさらにはアレ  
 イ化することもできる。可動電極に備わったビームの長  
 さ200μm、櫛形固定電極の櫛の数11、櫛のギャップ  
 2μm、被駆動部の長さ50μmとしたところ、0.1  
 μm/Vの変位を得た。つまり、印加電圧40Vで4μ  
 mの変位を得、垂直方向に約20μmの変位が達成でき  
 15 た。さらにこのアクチュエータを用いて作製した光偏向  
 器では、図3中に示した方向に走査角度 $\theta = 90^\circ \sim 4$   
 $4^\circ$ の走査を達成した。

【0031】ここでは、Si基板を用いたが、ガラス基  
 板上に駆動部、固定電極等の構造体を接合する方法を用  
 いてもよい。

【0032】図5は本発明の第2の実施例のアクチュエ  
 ータを表す斜視図である。可動電極52、被駆動部5  
 3、54、固定支持板55はジョイント58、57、5  
 6によって接続され、可動電極52は支持梁59、59  
 1に支えられている。固定電極51は図1の固定電極1  
 1と同様のものである。本実施例のアクチュエータも第  
 1の実施例のアクチュエータと同様、固定電極、可動電  
 極はマイクロメカニクス技術を用いたリニアアクチュエ  
 ータとした。

【0033】作製方法も第1のアクチュエータと同様で  
 ある。図6は本実施例のアクチュエータの動作を説明す  
 る図である。図5に示す固定電極51、可動電極52に  
 電圧を印加することによって、可動電極52が基板(不  
 図示)と平行方向に変位をする(図6(a)矢印D方  
 向)。これにより被駆動部14、15も力を受け、基板

と平行かつ可動電極12の変位方向と垂直の方向(図6  
 (b)矢印E方向)に変位することが可能になった。

【0034】また、このアクチュエータの被駆動部分に  
 反射板を形成すれば、第1のアクチュエータと同様、光  
 偏向器が得られる。

【0035】図7は本発明の第3の実施例のアクチュエ  
 ータを表す斜視図である。可動電極72、被駆動部7  
 4、75は、ジョイント79、78、77で接続されて  
 いる。矢印F方向に水平に回転する可動電極72は8枚  
 ばねのロータで構成されている。この可動電極72の一  
 20 端に突起721が形成され、突起721は被駆動部73  
 に形成されスリット731に係合している。これによ  
 り、可動電極72が矢印F方向に回転すると、被駆動部  
 73は矢印G方向に駆動され、被駆動部74、75を接  
 続するジョイント78は矢印H方向に往復移動する。こ  
 こで示した駆動手段は、前述のマイクロモータとした。

【0036】本実施例のアクチュエータはマイクロモ  
 タの回転にともない、被駆動部が第1のアクチュエータ  
 と同様の動きを行う。この構成により、基板面内回転駆  
 25 動力を、基板に垂直な変位に変換する。

【0037】本実施例のアクチュエータの作製方法とし  
 ては、マイクロメカニクス技術のマイクロモータを形成  
 する技術を用い、マイクロモータ形成過程において同時  
 に被駆動部を作り込み、さらにジョイントは、第一の実  
 施例と同様に作り込みアクチュエータを形成した。

【0038】またここでは、ロータが8枚ばねのマイ  
 クロモータを用いているが、4枚ばね、6枚ばね、ある  
 いは多角柱、円柱のマイクロモータでもかまわない。ま  
 た、アナログ的でなくデジタルに駆動する場合は、マイ  
 30 クロステッピングモータを用いても良いことは言うま  
 でもない。

【0039】このようにして作製したアクチュエータ  
 は、回転部半径100μm、空隙1.5μm、被可動部  
 の長さ80μmとし各固定電極に70V印加することに  
 より回転を始め、可動駆動部は平行方向に80μm繰り  
 返し往復動作が可能になった。これにともない被駆動部  
 も力を受け、基板と垂直の方向に80μmの変位を達成  
 した。また、この第3のアクチュエータを用いて作製し  
 た光偏向器は、 $\theta = 87^\circ \sim 90^\circ$ の走査が達成され  
 40 た。

【0040】図8は本発明の第4の実施例のアクチュエ  
 ータを表す斜視図である。可動電極81、被駆動部8  
 2、83、84、固定支持板85はジョイント78、7  
 7、76によって接続されている。本実施例のアクチュ  
 エータも第3のアクチュエータと同様、駆動手段はマイ  
 クロメカニクス技術を用いたマイクロモータとした。

【0041】本実施例のアクチュエータの動作は、マイ  
 クロモータの回転にともない可動部が第2のアクチュエ  
 ータとほぼ同様の動きを行う。この構成により、基板面  
 50 内の回転駆動力基板面に平行にかつ駆動板に垂直の方向

に変位を変換する。

【0042】作製方法も第2、第3のアクチュエータと同様に作製した。

【0043】なお、図9のように2つあるいはそれ以上のアクチュエータ101、102を一緒に作り込むことができる。

【0044】光偏向器86は、例えば図10の様に1次元ラインを高速走査する、レーザビームスキャナとして使うことができる。ほかにも、駆動方法と出射方向を考慮し光スイッチ、光スキャナなど応用に用いることが可能である。

【0045】以上、本発明のアクチュエータの実施例と、この内いくつかのアクチュエータを用いた光偏向器の実施例について説明したが、どのアクチュエータを用いた光偏向器でも同様の効果があるのは言うまでもない。使用目的に応じて、アクチュエータの構成を選び、入射光に対する出射光の方向を選ぶこともできる。また、ここでは、固定支持板の隣の被駆動部の一部に反射板を備えたものを示したが、他の被駆動部、あるいは被駆動部全面に反射板を備えた光偏向器でもかまわない。

【0046】以下、本発明のアクチュエータを用いた実施態様例 (図11) である光走査装置の基本構成を説明する。

【0047】図11に示す実施態様例において用いられるアクチュエータの基本構成は絶縁性の層101aを挟んで、2個の導電性の領域102a、103aを有する静電容量構造である構造が適用される。一方の導電性領域103aは、光導波路104と一緒に薄膜形状の片持ち梁105内に組み込まれている。光導波路104は膜の全領域であっても部分的であってもよい。導電性領域102は片持ち梁105と片側の根元部106aで接し、先に行くほど細くなっている局面構造を持つ。先端までの傾斜形状に関しては、局面が連続で局面構造の接線が片持ち梁105の面と一致していればよく、局面の形状連続であれば、どのような形状でもよいが、好ましくは円弧、楕円の一部、放物線、双曲線であれば良い。本発明においては図11に示すように、導電性領域をもう一組配置することが好ましい。すなわち、梁内第2の導電性領域103bと、導電性領域102aと梁105の反対側に絶縁層101bを挟んで導電性領域102bを設ける。このことにより梁の変位を、梁に対して対称的に生じさせることができる。しかしながら導電性領域を一組配置するだけでも十分な機能を発生させることができる。不図示の光源から出射された光は光導波路104に導入され、図示矢印方向(左から右)へ進み、光導波路104先端から出射する。

【0048】図11の実施態様例に用いられるアクチュエータは、導電性領域102aと導電性領域103aとに電圧を印加する事により、まず片持ち梁105の根元106aに強い静電吸引力を生じる。そのために導電性

領域102a、103aの空隙が狭くなり、梁104が徐々に導電性領域に近づくので、最終的には梁の先端部が導電領域の局面形状と同様になるように接する。この場合、梁の剛性と局面形状との兼ね合いで必ずしも同様にならない場合もある。次に印加電圧を取り去ると、梁はその剛性に従って元の位置に戻る。元の位置に戻った時点で今度は電圧を導電性領域102b、103bに印加すると再び静電吸引力が働き、今度は導電性領域103b、102bが引き合って徐々に近づき梁の先端部が102bに近づくように動く。電圧印加、切り替えのタイミングは梁が中央に来たときでも良いし、ずれた状態でも梁の動きに合わせて印加し、滑らかな動きをつくることができる。印加する電圧の種類は直流、交流、パルスなどの中から選ばれる。最終的には光が投射される面の形状に合わせてその動きが希望の動きになるように電圧およびその種類を選択する。図11の実施態様例では梁の中にある導電性領域103a、103bは対称の配置で別のものとしているが、非対称であったり、導電性領域が重畳されている、すなわち導電性領域が一つであってもよい。本実施態様例の光走査装置に用いられる導電性領域を構成する材料としては、通常の金属材料と言われる物は何でも用いられる。例えば、アルミ、鉄、SUS、銅、真ちゅう、金、ニッケル、タングステン、クロムなどである。また半導体も用いることが可能である。例えば、単結晶、非単結晶を問わずSi、GaAs、ZnSeなどである。また酸化物の導体も使用可能である。例えば、ITO、SnO<sub>2</sub>、ZnO<sub>2</sub>などである。

【0049】本実施態様例の光走査装置に用いられる絶縁性の領域を構成する材料としては、例えば、SiO<sub>2</sub>、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、SiO<sub>x</sub>、SiON<sub>x</sub>、Si:N:H、ガラスなどが用いられる。本実施態様例の光走査装置の構造を作製するプロセスに関しては、従来から用いられている部品をミリからマイクロメートルのオーダーに小型化して組み立てる方法や、好ましくは半導体のプロセス技術や薄膜堆積・エッチング技術が用いられる。また、膜厚方向に深い構造を形成するためにはX線を用いたリソグラフィを使用することも可能である。

【0050】本実施態様例の光走査装置において上記アクチュエータに接して配置される光源としては、発光ダイオード、半導体レーザなどの発光素子、電子線、白色光源等が考えられる。中でも半導体レーザはレーザビームプリンタや干渉測定などの計測への応用など実用性が広い。発光効率および温度特性の良い半導体レーザの構造としては、多重量子井戸構造を採用したものなどがある。半導体レーザから放出されたレーザ光は一般に拡散するため、集光が必要であるが、特に本実施態様例のような微小なカンチレバー近傍に作製された半導体レーザの光を集光するには、微小なコリメータレンズが必要である。そのようなマイクロコリメータレンズの作製例と

しては、フォトリソグラフィ技術を用いた物がある ("Fabrication of active Integrated Optical Micro-Encoder" 1991 IEEE Micro Electro Mechanical Systems Workshop, Proceedings pp233-238)。

【0051】本実施態様の光導波路の材料としては、導波させる光に対して透明な誘電体層が用いられ、例えばガラス、石英、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{SiO}_x$ 、 $\text{SiO}_x\text{Ny}$ 、 $\text{Si}^3\text{N}^4$ 、 $\text{Si}:\text{N}:\text{H}$ 、 $\text{ZnS}$ 、 $\text{ZnO}$ などが用いられる。光導波路中の光の拡散に対しては、導波路内の膜厚方向と面内方向に沿って、材料に屈折率の変化をつけることにより、光を閉じこめ集光させることが可能である。光源とアクチュエータは一つの基板上に一体に形成しても良いし、外部の光源から光ファイバなどを用いて、アクチュエータまで導いても良い。

【0052】本実施態様例では上記の梁の先端部にマイクロコリメータレンズを形成して梁内の光導波路からでた光を集光や、平行化することによって、スクリーン上の光スポットの大きさを変化させたり、スクリーンとの距離を小さくできる。レンズの作製方法は梁を作製してからレンズを接着する方法でも良いし、好ましく光導波路を形成する際に同じ材料を用いて作製する。レンズの形状は断面が半円、半楕円、半長円などから選ばれ、梁の先端の梁とレンズの間に焦点距離調節部を設けても良い。

【0053】これら、アクチュエータ、光源およびそれに付属する部品等を含めた素子を形成する基体としては、その上部に素子を乗せて支えられる部材であれば何でもよく、例えばSiウェハーに代表される半導体、ガラス基板等の絶縁体、金属基板等の導体の中から選ばれ、単結晶、非単結晶、いずれも可能で、場合によっては高分子ポリマーなどの有機材料も使用可能である。

【0054】本実施態様例では、上記のアクチュエータと上記の光源とを組み合わせ、新規な光走査装置を提供する物である。また、本実施態様例の光走査装置を同一半導体基板上に複数作製しそれぞれ独立に動作させることによりスクリーン上の走査スピードを向上させることも可能である。以下適用例を挙げて本発明のアクチュエータを用いた実施態様例である光走査装置を詳細に説明する。

#### 【0055】＜適用例1＞

図12(a)～(g)に本実施態様例の第1の適用例の光走査装置の作製方法並びにその構造を示す。まず図12(a)に示すように、基板201として単結晶(100)ウェハーの上に下部電極202としてアルミを20 $\mu\text{m}$ 蒸着により形成した後、レジスト203を塗布してパターニングする。その際レジスト203のベークの条件を調節して、レジストとアルミの密着性を制御する。アルミのエッチング液はリン酸/硝酸/酢酸/水の混合液でエッチングするとサイドエッチが深さ方向より速く進むため、レジスト203を除くと図12(b)のよう

な曲面を呈してエッチされ、残り下部電極202が形成される。その形状は楕円弧の1/8で下部電極202は基板201との接点で30度の角度を成す。次にレジスト204を塗布し、上部からドライエッチングにより図12(c)の構造のように平坦化を行う。その上にプラズマCVD法で基板温度100度でSiNH膜205を形成し、続いて第1の電極206としてアルミを蒸着にて形成、次に光導波路層207として $\text{SiO}_2$ をスパッタ法で堆積し、再び第2の電極208としてアルミをその上に形成し、最後にSiNH膜209を基板温度100度で堆積する(図12(d))。図12(d)で堆積した5層の膜を上から順番に、レジストマスクを使ってパターニングする。エッチングにはSiNH、 $\text{SiO}_2$ は $\text{CF}_4$ のドライエッチング、アルミはリン酸/硝酸/酢酸/水の混合液を用いた。その際取り出し用の電極を同時に作製する(図12(e))。次に、基板201のSiを裏面から $\text{SF}_6$ のRIEによりエッチングし、下部電極202の端部204fを基板201のエッチング端部と合わせ込む(図12(f))。

【0056】上部電極211に関しては、これまで述べたプロセスのうち別途に図12(b)まで作製した基板210の上部電極211の一部分をエッチングで除去して凹部211gを形成した後、基板210の一部をエッチング除去して基板210の形状加工を行う(図12(g))。これは、リード線を梁215に接続できるようにするためである。その後、絶縁層SiNHの上部と上部電極211の下部とを接合させる。接合に関しては外部から治具を用いて上部電極211と下部電極202の先が図12(g)のような構成になった位置で固定する方法を用いた。必要の無い部分の基板210をカットイング除去して図12(g)のようにでき上がる。上記の方法で作製された片持ち梁型光走査装置の梁215の長さは20mm、厚さは5 $\mu\text{m}$ 、幅は5mmである。また梁215の先端と下部電極202との間隔は5mmであった。第1の電極206と下部電極202とに電圧50Vを加えたところ下部電極202に沿った形状に梁215が変形した。次に電圧をパルスに変え、パルス高80V、デューティ50、周波数200Hzで印加したところ、梁215が基板201と垂直方向に最大振れ角45°で振動した。

【0057】＜適用例2＞適用例1の素子構造において電圧を第1の電極と下部電極、第2の電極と上部電極の交互にくわえた。まず第1電極と第2電極をアースに落とし、上部電極と下部電極の間にパルス高 $\pm 50\text{V}$ 、デューティ50、周波数200Hzで印加したところ、梁が基板と垂直方向に梁の停止の位置から対称に $\pm 40$ 度振れた。本構造の素子の光導波路部分の端部215から光ファイバを用い、半導体レーザからの発光した光を導入した。上記の条件で梁を振動させたところ、導入した光が梁の先端部から放射され、スクリーン上に生じた輝

点をスキャンさせることができた。光源とスクリーンとの距離を250mmとしたとき、スクリーン上のスキャン長さは250mmであった。

【0058】＜適用例3＞図13に基板に対して平行に梁315を振動させるタイプの光走査装置の例を示す。構造はガラス基板301上にアルミ電極302、303が形成されており、それに接した光導波路308を挟んで電極306、307、それを挟んで絶縁層304、305からなる梁が部分的に基板301から浮いた状態になっている。

【0059】作製プロセス（図13のXY断面の部分）を図14（a）～（h）に示す。まず基板301上に犠牲層として梁の稼働部分のパターン形状に2μmのレジスト300を形成した後（図14（a））、厚さ20μmのアルミ層310を蒸着する（図14（b））。次にレジストを用いフォトリソで電極形状を作製し、アルミ電極302、303、電極306、307とする（図14（c））。電極のエッチングはCCl<sub>4</sub>のドライエッチングを用いた。次にリフトオフ用のレジスト311を20μm塗布した（図14（d））。次に電極302、303、306、307上のレジスト311以外のレジスト311をフォトリソグラフィによりパターンニングして除去した（図14（e））。続いてプラズマCVDで絶縁膜を堆積するが、膜厚方向に屈折率勾配を付けるため、まずSiH<sub>4</sub>/O<sub>2</sub>の混合ガスでSiO<sub>2</sub>膜312を5μm堆積した後、窒素ガスを導入してSiON膜313を10μm堆積した後、窒素ガスをストップして5μmのSiO<sub>2</sub>膜314を堆積した（図14

（f））。SiON膜313は後に図14（h）に示す光導波路308となる。次にリフトオフによりアルミ電極302、303上の絶縁膜を除去した後、再度レジストでカバーしてドライエッチングにより余分な絶縁膜を取り去り（図14（g））、図13のような素子形状を作製した。最後に基板と梁の間の犠牲層であるレジスト300を溶剤で溶かして光導波路308を有する変位可能な梁315を完成させた（図14（h））。次にそれぞれの電極にボンディングにより引き出し端子を取り付けた。梁の長さは10mm、梁の高さは20μm、厚さは20μmにした。この素子の電極306、307をアースにして、電極303、302に200Hz、100Vの正弦波を印加したところ、梁が基板面と平行方向に最大振れ角75度で振動した。

【0060】＜適用例4＞光源を導入して光走査を行わせるため、図15に示される治具を作製して光ファイバ520を接続した。治具522は高さ20μmで幅15mm、長さ5mmのアルミ製で電極502、503を作製するときと同時に作製する。その後、ファイバ522の位置決めのために、光導波路の高さ・位置に合わせて治具にV溝524を作製し、ファイバをV溝524に合わせて接着する。梁の先端部分にマイクロリメータレ

ンズ525を作製する。本適用例ではレンズの形状を半円柱とした。レンズは光導波路508と同時に作製した。光源にハロゲンランプを用い光ファイバで導入した光は光源とスクリーンの距離を200mmとしたとき、スクリーン上のスキャン長さは250mmであった。

【0061】＜適用例5＞図16に光走査装置の梁の部分が適用例3と異なる適用例を示す。適用例3と異なるのは絶縁層の部分で電極602の側面に絶縁層604を、電極603の側面に絶縁層605を配置した。絶縁層の材料としては、SiO<sub>2</sub>を用い、光導波路と同じプロセス段階で所望の形状にパターンニングし、作製する。この構造では梁の部分に絶縁層がないため軽くなって容易に動くため、駆動電圧が適用例3に比較して20V低くなった。

【0062】＜適用例6＞本適用例は光源である半導体レーザと光走査部とを一つの基板上にモノリシックに形成した光走査装置の例で、概略を図17に示す。作製方法は、まずn型GaAs基板701上に順次、バッファ層702としてn型GaAsを1μm、クラッド層703としてn型AlGaAsを2μm、n型Al<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>Asを2μm、活性領域704としてノンドープGaAs100Å、Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>As30Åを4回繰り返し最後にGaAs100Å積層して、多重量子井戸構造の活性領域704を形成した。次にクラッド層705としてP型Al<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.8</sub>Asを15μm、キャップ層706としてGaAsを0.5μm分子線エピタキシ法によって形成した。続いて電流注入域を制限するために示すように活性層704の手前約0.4μmまでエッチングした後、スピコートによりポリイミド707を形成しエッジの頂部分のみエッチングして注入域とした。次に配線電極708としてCr-Auオーミック電極を形成した。さらに拡散のための熱処理を行った後、共振面を形成するためにGaAs基板をエッチングする。エッチングはCl<sub>2</sub>ガスを用いたRIE法で行った。ここでキャビティ長は300μmである。以上の手法により、半導体レーザを作製した。次に、同一基板上に適用例4と同じ方法で梁、駆動用電極、マイクロリメータレンズを形成した。梁内の電極と駆動用電極に電圧を加えて梁を変位させ、半導体レーザからでた光を一次元に走査して200mm離れたスクリーン上の起点を250mmスキャンさせることができた。

【0063】上記の半導体レーザを光走査部を形成した基板上に接着剤等で張り合わせることにしても同様の結果を得ることができた。

【0064】

【発明の効果】以上説明したように本発明のマイクロクチュエータは、簡単な構成で、ジョイント材に高分子膜等、ばね定数の十分小さいものを用いることができ、過酷な動作を必要とする駆動でも耐久性に優れ、光偏向



器に適したものである。

【0065】また、本発明の光偏向器は、力を受ける部分と反射板を分離したことにより、制御性良くかつノイズを受けずに光を偏向することができる。加えて、使用目的に応じて光の入射方向と反射方向を変えることもでき、しかも偏向角に影響を与えないものができる。

【0066】

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1のアクチュエータを説明する斜視図である。

【図2】(a)、(b)は本発明の第1のアクチュエータの動作を説明する斜視図である。

【図3】本発明の光偏向器を説明する斜視図である。

【図4】(a)～(f)は本発明の第1のアクチュエータの略作製工程図である。

【図5】本発明の第2のアクチュエータを説明する斜視図である。

【図6】(a)、(b)は本発明の第2のアクチュエータの動作を説明する上面図である。

【図7】本発明の第3のアクチュエータを説明する斜視図である。

【図8】本発明の第4のアクチュエータを説明する斜視図である。

【図9】本発明の第5のアクチュエータを説明する斜視図である。

【図10】本発明の他の光偏向器を説明する斜視図である。

【図11】本発明の光走査装置の基本構成斜視図である。

【図12】(a)～(g)は本発明の適用例1および2による光走査装置のプロセスを示す横断面図である。

【図13】本発明の適用例3による光走査装置の斜視図である。

【図14】(a)～(h)は本発明の適用例3による光走査装置のプロセスを示す図である。

【図15】本発明の適用例4による光走査装置の斜視図

である。

【図16】本発明の適用例5による光走査装置の斜視図である。

【図17】本発明の適用例6による光走査装置の斜視図である。

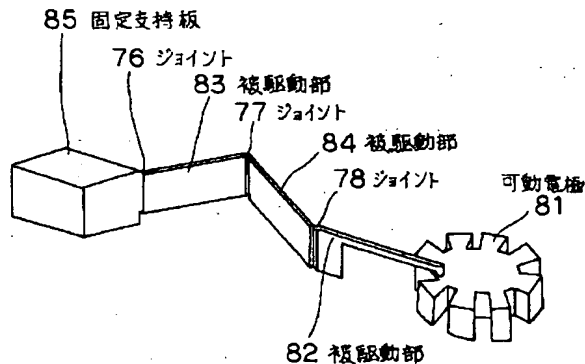
【図18】従来の光偏向器の斜視図である。

【図19】従来の光走査装置の構成を示す概略図である。

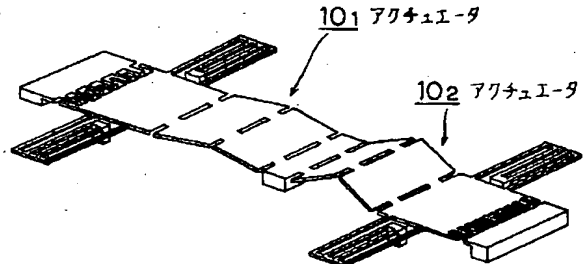
【符号の説明】

10	11、41	固定電極
	12、22、42、55、62、72	可動電極
	13、13 <sub>1</sub> 、49、49 <sub>1</sub>	支持梁
	63、71	駆動板
	14、15、43、44、	
	64、65、73、74、81	被駆動板
	16、45、66、75	支持板
	17、18、19、	
	46、47、48、	
	67、68、69、	
20	76、77、78	ジョイント
	31	シリコン基板
	32	熱酸化膜
	33	シリコン窒化膜
	34	コンタクトホール
	35	ポリシリコン膜(電気シールド層)
	36	シリコン酸化膜(犠牲層)
	37	ポリシリコン膜
	82	反射板
	83	入射光
30	102、103、202、211、206、	
	208、302、303、306、307	電極
	101、205、209、304、305	絶縁層
	104、207、308	光導波路
	105	片持ち梁
	215、315	梁
	201、210、301	基板

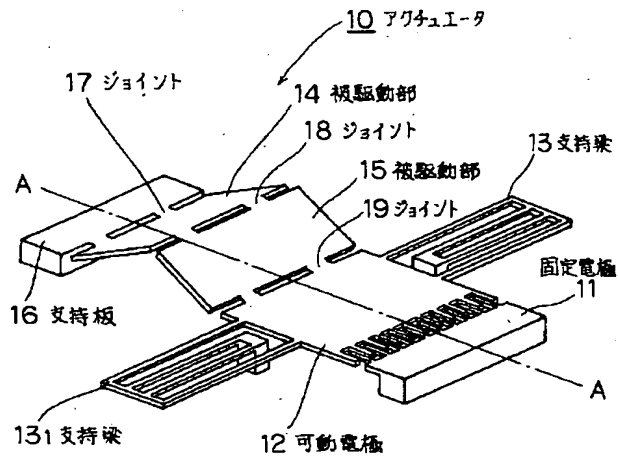
【図8】



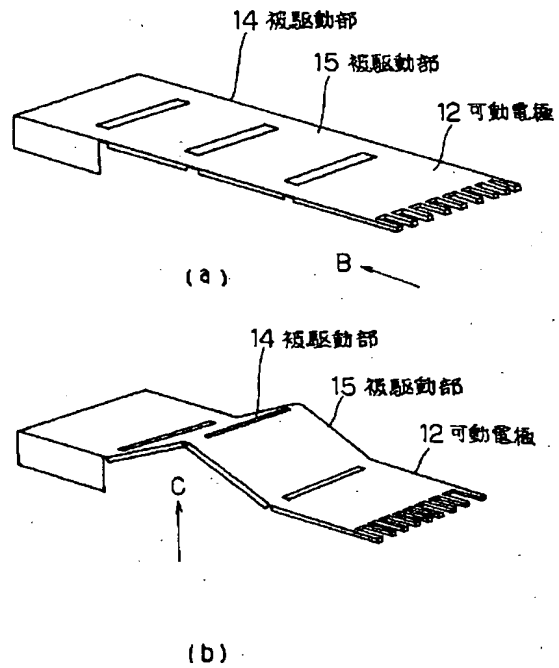
【図9】



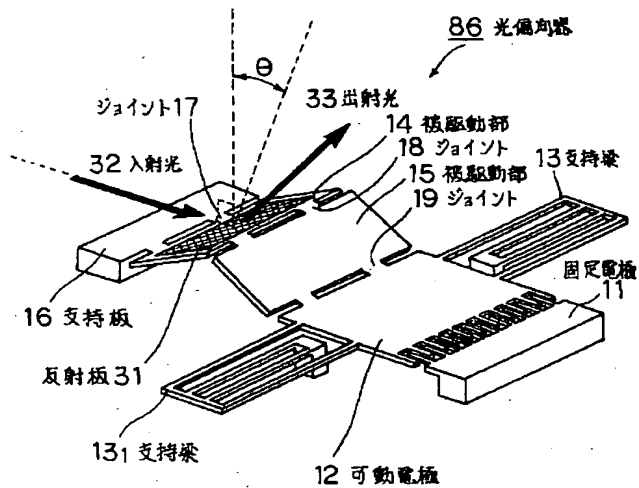
【図1】



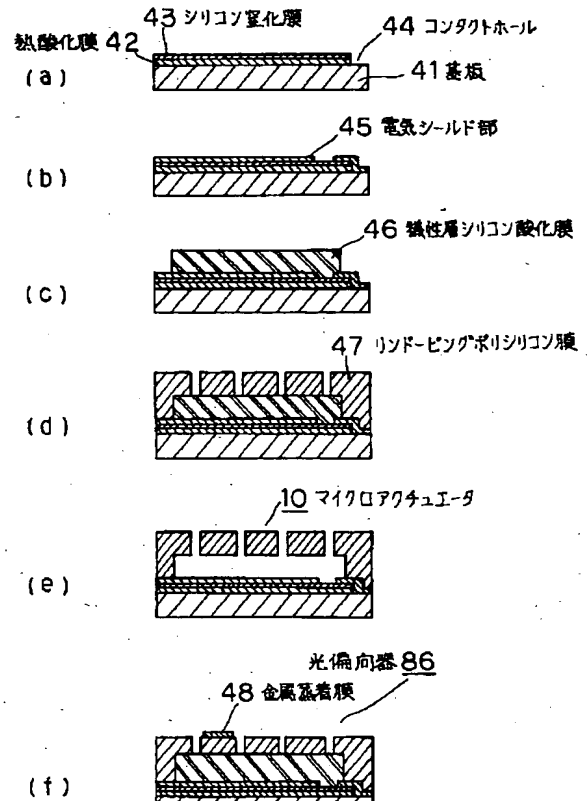
【図2】



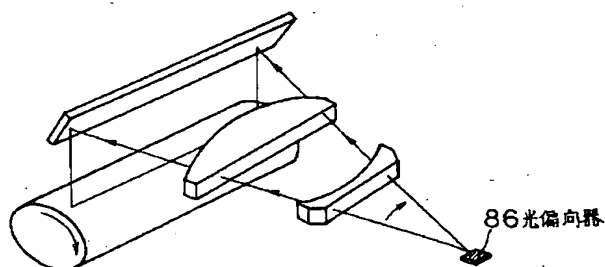
【図3】



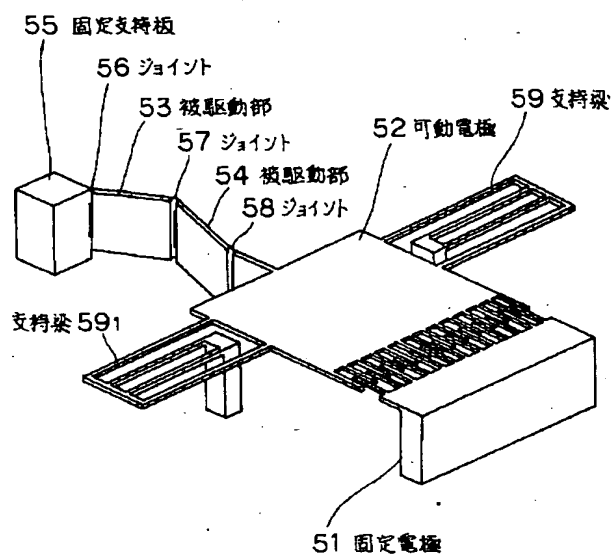
【図4】



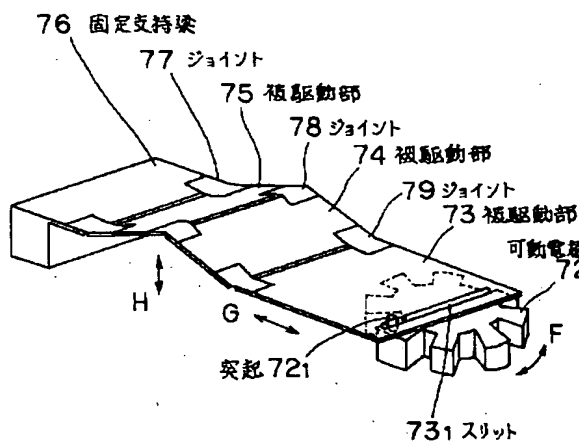
【図10】



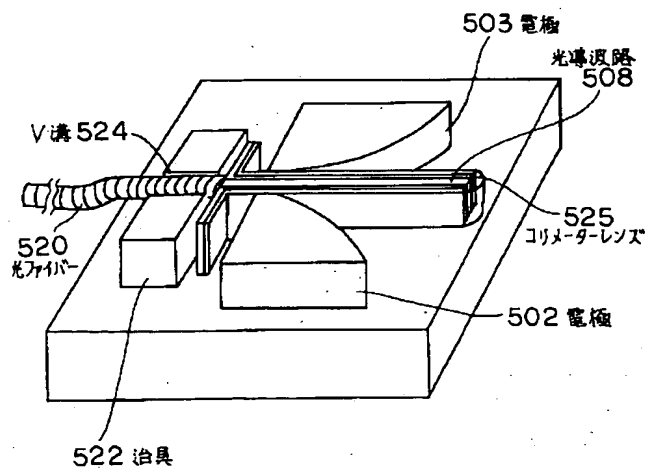
【図5】



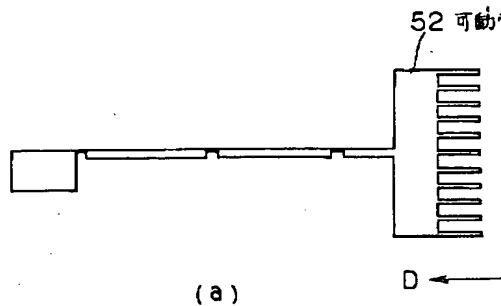
【図7】



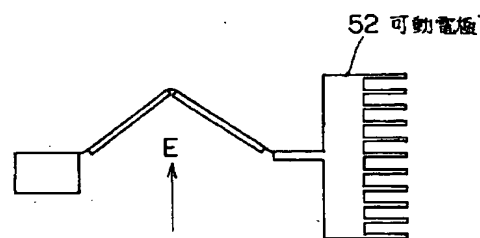
【図15】



【図6】

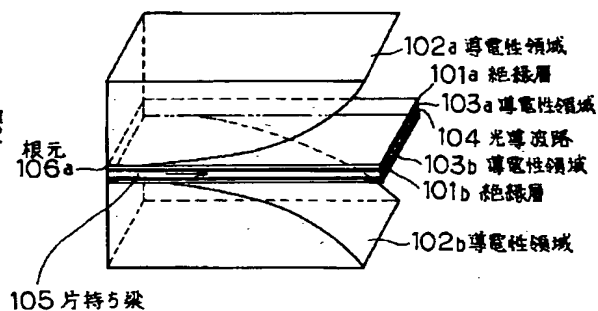


(a)

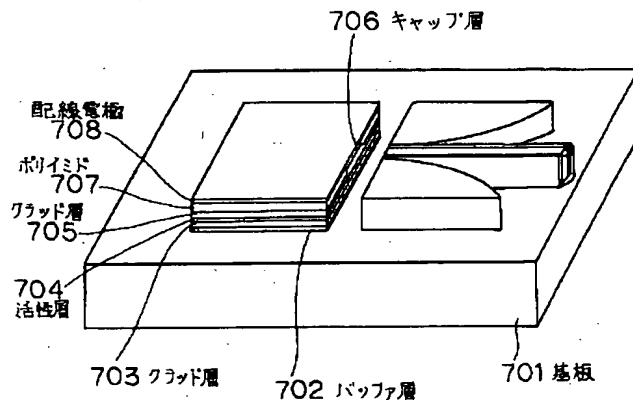


(b)

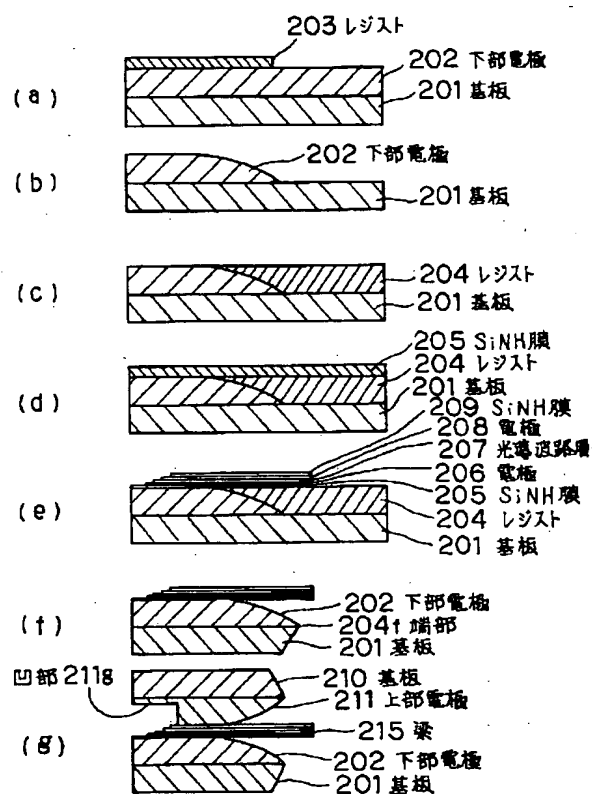
【図11】



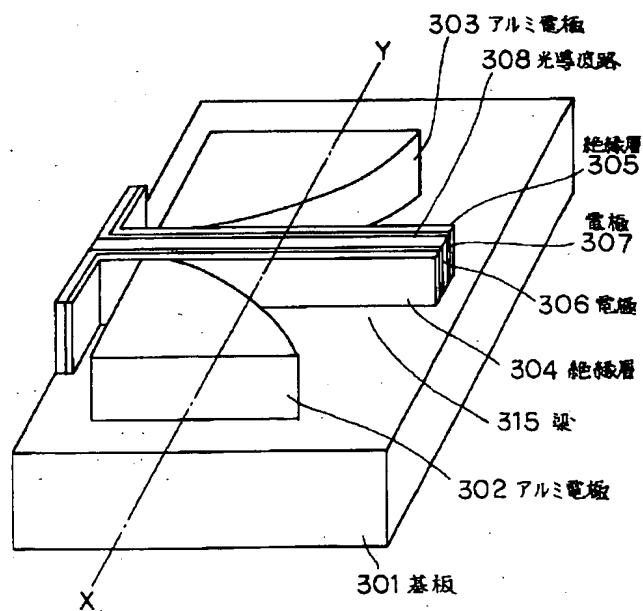
【図17】



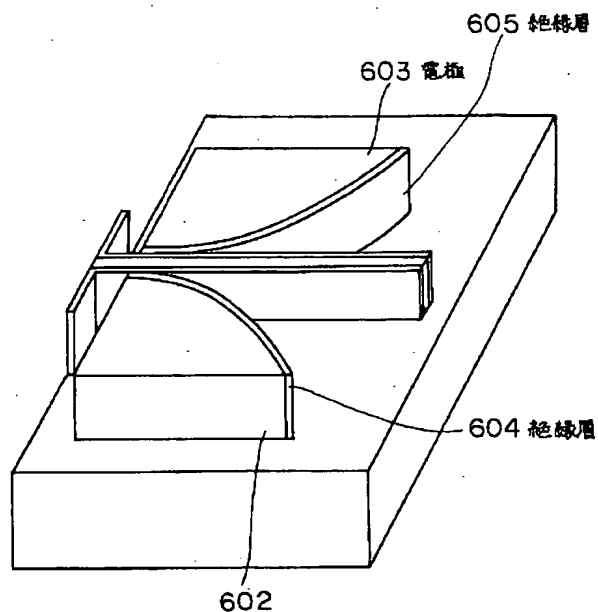
【図12】



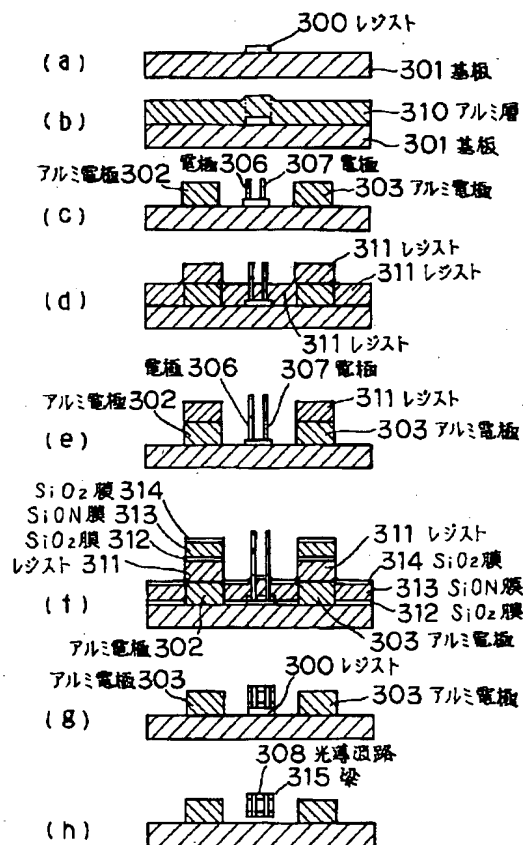
【図13】



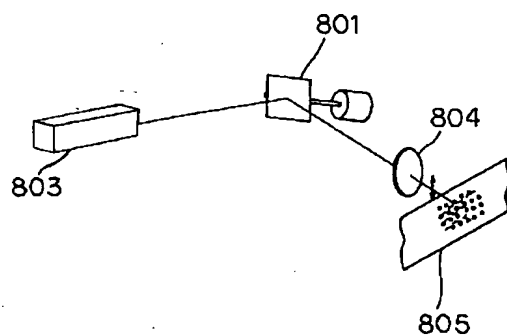
【図16】



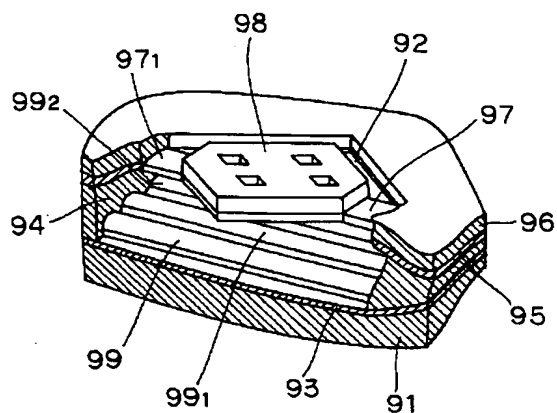
【図14】



【図19】



【図18】



フロントページの続き

(72)発明者 伏見 正弘  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ  
ヤノン株式会社内  
(72)発明者 高木 博嗣  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ  
ヤノン株式会社内

(72)発明者 村上 智子  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ  
ヤノン株式会社内

(56)参考文献 特開 昭63-63016 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.7, DB名)

G02B 26/10

G02B 26/08